

GINZA KABUKIZA

—長スパントラスで劇場を跨ぐ超高層建物—



川村 浩
三菱地所設計



石橋 洋二
同



諸伏 勲
同

1 はじめに

GINZA KABUKIZAは、歌舞伎専用劇場としての機能を更新しつつ、劇場の上にオフィスを併設する大規模プロジェクトである。第五期 歌舞伎座となる低層部は登録有形文化財としての第四期の外観や内部空間のデザイン、音響効果などをできる限り継承し、さらに、最新の技術や材料を用いて、時代に合った最新鋭の劇場として生まれ変わった。本報では、長スパントラスで劇場を跨ぐ超高層建物の構造設計の概要を報告する。

2 建築概要

GINZA KABUKIZAは、地上29階建てで、オフィス用途の高層部と劇場用途の低層部からなる。低層部と高層部の切替部には、設備中間機械室およびギャラリー、屋上庭園を配置している。

■低層部（1～4階）

歌舞伎座としての劇場部は、客席および舞台空間を擁する4層にわたる大きな吹抜けを有した空間構成となっており、建物外観は、銀座の顔としての第四期歌舞伎座の歴史的景観を継承している。外装はPC版とGRCを用い、屋根には本瓦、軒先の垂木にはアルミ材を用いて軽量化を図っている。

■高層部（7～29階）

高層部の基準平面は長辺約70m、短辺約33mの長方形であり、北側に20mスパンの無柱オフィス空間、南側にコアを有している。

■切替部（5～6階）

5、6階を切替部と位置づけ、大空間の劇場部分（低層部）と上部オフィス空間（高層部）のシステムの切替を行っている。構造計画上の観点からは、後述するメガトラスおよび北側トラスを配置している。

表1 建築概要

建物名称	GINZA KABUKIZA
所在地	東京都中央区銀座四丁目
建築主	KSビルキャピタル特定目的会社 株式会社歌舞伎座
開発業務受託者	松竹株式会社
主要用途	事務所・劇場・店舗・駐車場
階数	地下4階・地上29階・塔屋3階
最高高さ	145.50m
延べ床面積	93,530.40㎡
構造種別	地上：鉄骨造 地下：鉄骨鉄筋コンクリート造
設計監理	株式会社三菱地所設計 限研吾建築都市設計事務所
施工者	清水建設株式会社



写真1 建物外観

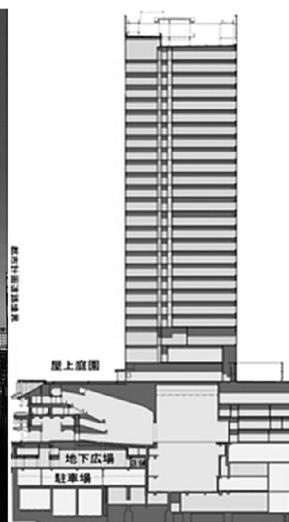


図1 建物断面構成

3 構造設計概要

3.1 構造形式

主体構造 地下：鉄骨鉄筋コンクリート造
耐震壁付きラーメン構造
地上：鉄骨造（柱一部CFT造）純ラーメン構造（制震構造）

基礎形式 直接基礎

3.2 全体計画

劇場を跨いでタワーとの合築と、その高い耐震性能を両立するため、地上部は鉄骨造を採用した。

7階以上に超高層オフィスタワー、その足下に高層部の約2倍の平面規模の劇場が配置されている。5～6階の切替部にはスパン38.4m、せい約13mのメガトラス2台を配置して高層部南側（コア側）の柱10本を陸立ち柱としている。これにより高層部の効率的な基準スパンを実現しながら低層部の大空間を実現した。

高層部基準階北側の9本の柱は、低層部および地下の平面計画上の要請から、5階床から9階床にかけて傾斜させ、柱位置を1.6m移動させる斜め柱とするとともに、一部の柱を5～6階の北側トラスで支持する陸立ち架構とした。この北側トラスは、陸立ち柱を支持するためだけでなく、コア側の2台のメガトラスと平面的にバランスさせることを意図

している。

地下は低層部の平面形状に対してほぼ総地下として敷地全体に広がっている。メガトラス直下には、基礎梁と最下層の耐力壁を一体的に利用した壁梁を設けることにより「メガトラス～低層部～基礎～地盤」の各部の荷重伝達に配慮した。

3.3 高層部（7～29階）の主体構造

高層部の主架構の構成を図2～5に示す。桁行方向（X方向）が6.4mスパンを基本とする3構面、張間方向（Y方向）が20m + 12.8mスパンを基本とする10構面で構成される。X方向は均等ラーメンに近い形式であり、3構面（Y5、Y7、Y10）全体でフレームの剛性、耐力を確保し、中央の構面（Y7）には、制震装置を配置し耐震性の向上を図っている。

Y方向は両妻面の6.4mスパンの構面、およびコア廻りの4構面（X3、X4、X10、X11）を中心としてフレームの剛性・耐力を確保し、制震装置も配置して、陸立ち柱を含む構面の地震時の負担を軽減している。

表2 使用鋼材（主要部）

部位	鋼材種	断面サイズ*
柱	SN490C, SA440C BCP325T, STKN490B	外形：700～1200mm 最大板厚：80 mm
梁	SN490B, SM490A HBL385B	梁成：H-700～1200 mm 最大板厚：60 mm
メガトラス	SA440C, SN490C	外形：900（一部1200）mm 最大板厚：85 mm

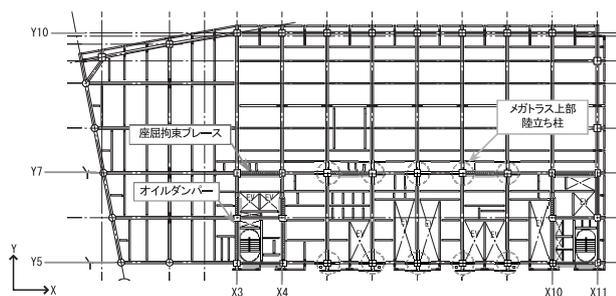


図2 基準階伏図（制震装置配置）

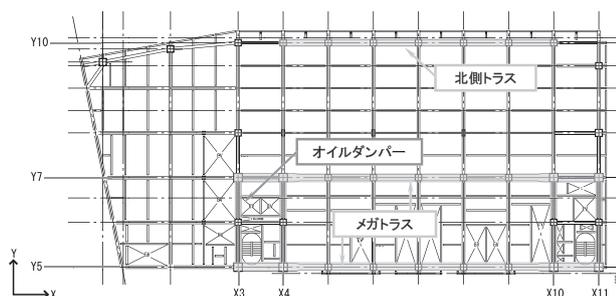


図3 7階伏図（メガトラス配置）

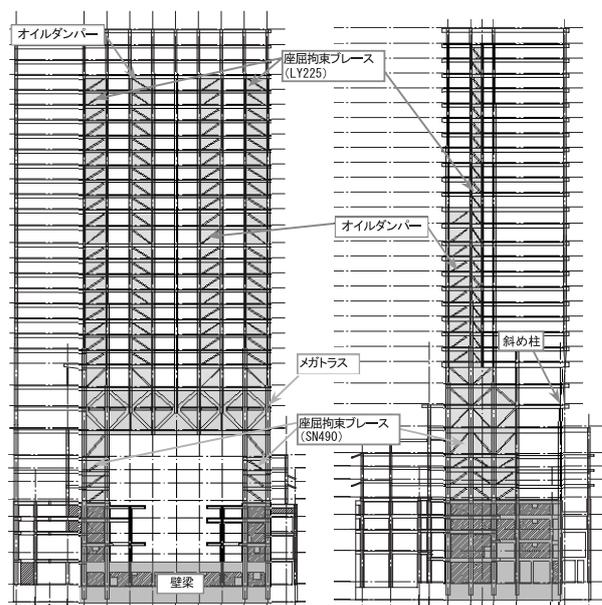


図4 X方向軸組図（Y7通り）

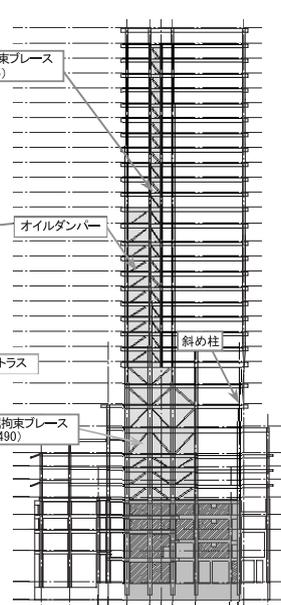


図5 Y方向軸組図（X3通り）

X、Y両方向とも制震装置として、履歴系（座屈拘束ブレース）および粘性系（オイルダンパー）を併用したハイブリッド制震構造としている。座屈拘束ブレースは、主に大地震・極大地震における主架構の損傷低減を目的として、オイルダンパーは、主架構の損傷低減に加えて、中小地震時や強風時における揺れの低減、早期収束を目的としている。

3.4 切替部（5～6階）の主体構造

メガトラスおよび北側トラスは、極めて稀に発生する地震（以下、レベル2地震）時に対して、上下方向地震動の影響による最大応力を同時に考慮した場合においても、各部材の応力を短期許容応力度以下に抑えた設計とし、高い安全性を実現した。

■メガトラス

5階床梁～7階床梁までを一体的に利用するメガトラス2台により、高層部基準階、コア側の柱各5本、23層分の大きな荷重を支持している。1台のメガトラスで支持する長期荷重はY7通り側で約9,000tonである。これに対して、中央部の長期荷重時（積載荷重考慮）の撓みを30mm以下（部材角で約1/1200）とすることを設計目標として、十分な剛性を確保した。

メガトラスによる陸立ち架構の設計に際しては、長期荷重時に期待する鉛直剛性はメガトラスのみとする方針とし、上階の建方の進捗に伴い発生するメガトラスの変位量に応じて上部の柱をジャッキアップし、上部架構を水平に保つ施工方法を採用することとした。

この建方計画の採用を設計時からの前提として長期荷重時の応力状態を設定することで、上部架構の

基準階としての合理的な設計に寄与すると共に、上層階の施工に伴って外装等に有害な変形が生じることを未然に防ぐことが可能となった。

これに加え、陸立ち柱の長期軸力をメガトラスに確実に伝達しておくことが可能となり、大地震時に上層部フィーレンディール架構が塑性化した場合においても、鉛直荷重の再配分が起こらず、有害な変形が生じることの無い架構を実現した（図6）。

また、地震時においては上下弦材のフロア（5、7階）の床スラブに大きなせん断力の移行が生じる。そのため、当該スラブを厚さ200mmのスラブとし、弦材の延長となる近傍の大梁に軸力対応の補強もを行い、メガトラス近傍の大きなせん断力移行に対しての十分な剛性・耐力を確保した。このスラブの施工に際しては、メガトラス建方直後の打設とした場合に上棟までの施工中の弦材の変形にスラブが追従できない懸念があった。そのため、当該スラブはメガトラスとの接続部に施工Exp.Jを設け、上部架構の上棟後にメガトラスと一体化する計画を採用し、その健全性に配慮した。

■北側トラス、斜め柱

基準階北側の柱は、5～8階においてY方向に傾斜させ、柱位置を南に1.6m移動させる傾き約1/14の斜め柱としている。5～8階は、斜め柱の影響により、長期荷重時にもY方向に層せん断力が作用する。この長期軸力の水平成分から算定される層せん断力は約770tonであり、一次設計用せん断力の21%（5階）と大きく、特別な対応が必要となった。

長期から作用する大きな片寄せの層せん断力により、地震時に塑性化を伴う変形が生じた場合には残

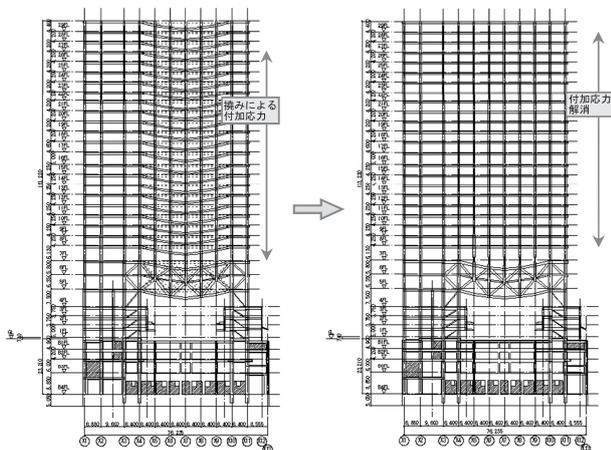


図6 ジャッキアップによる合理化



写真2 メガトラス建方完了時

留変形が大きくなることが懸念されるため、当該層は大地震時の塑性化を極力抑える方針とした。

一方、低層部は極力変形を抑えた設計としていること、高層部のY方向は長スパン方向であり、かつコア部分がメガトラス上部となっていることから、Y方向の耐震設計に際しては架構全体としてのエネルギー吸収量の確保も課題であった。そのため、Y方向の架構は切替部を極端に固めることはせずに、エネルギー吸収を図る計画とした。大梁にはHBL385を用いることで弾性限界変形を伸ばしたラーメン架構とし、制震装置には残留変形の懸念が無いオイルダンパーを集中的に配置した。これにより、長期・地震時に作用する大きな層せん断力に抵抗する健全な架構を実現すると共に、地震時における架構全体の応答性状に配慮した。

3.5 低層部（1～4階）の主体構造

低層部は、メガトラスを支持する柱を有する構造上の重要な部位である。また、歌舞伎座としての劇場空間として、床には大きな吹抜やレベル差が多く、瓦屋根の小屋組、劇場内部の竿縁天井、業平格子壁、エントランスのおおま大間天井など、劇場内外装を構成する複雑な非構造部材との取合いが多い。こうした点



写真3 斜め柱



写真4 オイルダンパー

に配慮し、地震時の変形・損傷を抑えた耐震余裕度の大きい設計とした。具体的には、レベル2地震時においても主架構が概ね弾性範囲となること、層間変形角が1/150程度以下となることを設計目標とした。

3.6 主架構の応答性状

代表的なレベル2入力波に対する応答結果（層間変形角）を図7に示す。切替部はX方向でメガトラス剛性により極めて小さい応答である一方、Y方向ではある程度の変形によるエネルギー吸収を確保していること、また、重要部の低層階は両方向とも概ね1/150以下として耐震性に配慮している。

また、低層吹抜廻りや各部のねじれ応答に対しての検証は、別途立体モデルによる動的解析による慎重な検討を行っている。

4 まとめ

本報では、メガトラスにより劇場を跨ぐ超高層建物の構造設計の概要を報告した。メガトラスは、施工時、常時、地震時までの各フェイズに対しての十分な配慮と慎重な検証より実現した。

銀座のシンボルとなる歌舞伎座、そしてジャッキアップによる変位制御を含むメガトラス構造と、極めて特殊なプロジェクトの設計、施工と貴重な経験をさせていただきました。このような機会を与えて頂きましたことを、松竹（株）、（株）歌舞伎座の関係者の方々に厚く御礼を申し上げます。

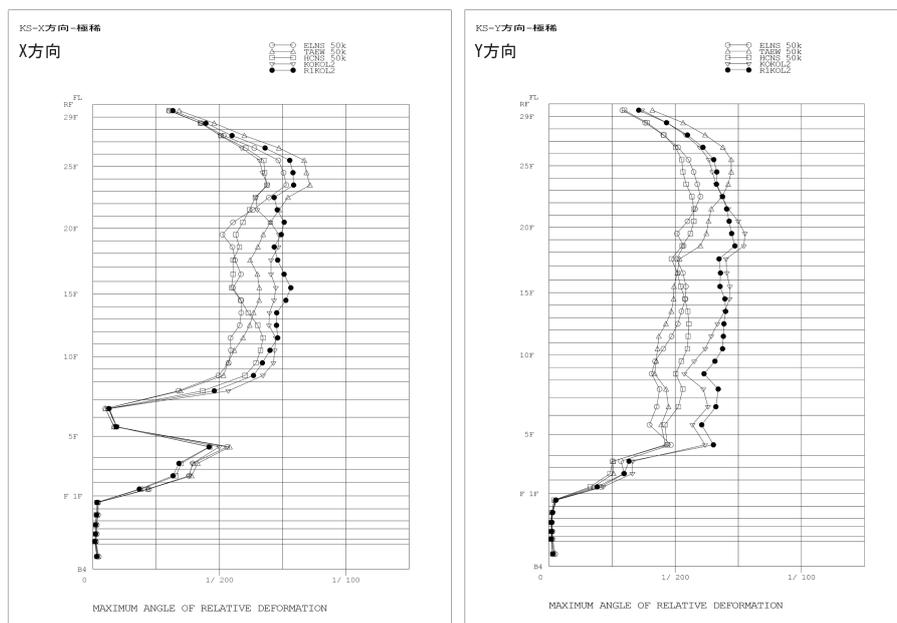


図7 時刻歴応答解析結果（レベル2地震時層間変形角）